ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО
БЕНДЕРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

ОТОПЛЕНИЕ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Методические указания
для выполнения курсового проекта

Бендеры, 2016

ББК 38.762.1
О 85

Составитель:
Н.А. Поперешнюк, преподаватель

Рецензенты:
С.С. Иванова, зам. Директора по УМР ВПО
А.А. Шилькер, зам. министра Регионального развития, транспорта и связи; начальник Главного управления технического регулирования, аккредитации, охраны труда и промышленной безопасности .

О 85 – Отопление жилого здания: Методические указания / сост. Н.А. Поперешнюк. – Бендеры, 2016. – 42 с.

Методические указания предназначены для выполнения курсового проекта «Отопление жилого здания» по дисциплине «Отопление» студентами дневной и заочной форм обучения направления «Строительство» профиля подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Методические указания включают:

- исходные данные для проектирования;
- методику теплотехнического расчета ограждающих конструкций;
- методику расчета тепловой мощности системы отопления;
- методику гидравлического расчета теплопроводов системы отопления;
- методику теплового расчета отопительных приборов;
- методику подбора оборудования теплового узла.

Основной задачей методических указаний является освоение теории расчета и получение практических навыков проектирования систем отопления.

Рекомендовано
Научно-методическим советом
ПГУ им. Т.Г. Шевченко

© Поперешнюк Н.А., составление, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 4
1. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА……. 5
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ…….. 5
3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ. 7
4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ… 13
5. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ…….. 18
6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ……. 23
7. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ…… 27
8. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО УЗЛА…… 30
ПРИЛОЖЕНИЯ:…… 33
Характеристики строительных материалов (ПРИЛОЖЕНИЕ 1)…….. 33
Номограмма для гидравлического расчета теплопроводов системы водяного отопления из стальных труб (ПРИЛОЖЕНИЕ 2)…….. 34
Вид и значение местных сопротивлений (ПРИЛОЖЕНИЕ 3)…….. 35
Теплоотдача открыто проложенных трубопроводов систем водяного отопления (ПРИЛОЖЕНИЕ 4)……. 36
Технические характеристики секционных биметаллических и алюминиевых радиаторов (ПРИЛОЖЕНИЕ 5)……... 39
Технические характеристики стальных панельных радиаторов (ПРИЛОЖЕНИЕ 6)…… 40
Технические характеристики настенных конвекторов «Универсал» (ПРИЛОЖЕНИЕ 7)…… 41
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……... 42

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Отопление» является одной из профилирующих при подготовке студентов профиля теплогазоснабжение и вентиляция.

Целью изучения дисциплины является получение знаний по конструкциям, принципам действия и характерным свойствам различных систем отопления, используемых в современной отопительной технике.

Одним из этапов изучения дисциплины является выполнение курсового проекта «Отопление жилого здания», целью которого является усвоение и закрепление студентами ключевых положений дисциплины на примере проектирования двухтрубной системы водяного отопления жилого здания, развитие навыков самостоятельной работы с использованием учебной, методической, нормативной и справочной литературы.

В методических указаниях представлены методики следующих расчетов, необходимых при проектировании систем отопления: теплотехнический расчет наружных ограждений, расчет тепловой мощности системы отопления, гидравлический расчет теплопроводов системы отопления, тепловой расчет отопительных приборов и подбор оборудования теплового узла.

Данные методические указания позволят научиться грамотно выполнять конструирование, расчет и подбор оборудования для систем водяного отопления.

1. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части, которые оформляются в соответствии с требованиями действующих норм по оформлению технической документации.

1. Расчетно-пояснительная записка выполняется на стандартных листах формата А4 с полями: слева – 30 мм, справа, сверху и снизу 10 мм объем расчетно-пояснительной записки – 25-30 страниц. Изложение текста должно быть сжатым, ясным, литературно и технически грамотным. Приводимые выводы и предложения обоснованы, сопровождающиеся ссылками на нормативные источники и специальную техническую литературу.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

Задание на курсовое проектирование
Содержание
Введение
1. Общий раздел
2. Расчетный раздел
   1.1. Исходные данные для проектирования
   1.2. Теплотехнический расчет наружных ограждений
   1.3. Расчет тепловой мощности системы отопления
   1.4. Конструирование системы отопления
   1.5. Гидравлический расчет теплопроводов системы отопления
   1.6. Тепловой расчет отопительных приборов
   1.7. Подбор оборудования узла ввода
Вывод
Список используемой литературы

2. Графическая часть курсового проекта выполняется в объеме 2 листов формата А1 карандашом или с использованием компьютерных технологий и должна содержать планы (типового этажа, чердака, подвала) и разрез отапливаемого здания с нанесенной системой отопления, аксонометрическую схему системы отопления, схему теплового узла, деталировку системы отопления. Основные чертежи выполняются в масштабе М1:100.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Задание и исходные данные выдаются студенту в индивидуальном порядке руководителем курсового проекта.

В качестве исходных данных принимается район строительства и его климатические характеристики по СНиП 23-01-99* Строительная климатология, план типового этажа и ориентация главного фасада здания, характеристика и параметры системы отопления и тепловых сетей.

Конструкция наружных ограждений принимается следующая.

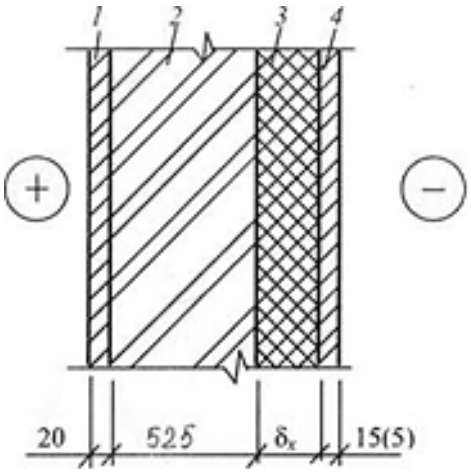


Рис. 1. Конструкция наружной стены:
1 - внутренняя штукатурка (известково-песчаный раствор);
2 - основной конструктивныйслой (кирпичная кладка);
3 - теплоизоляционный слой; 4 - наружный отделочный слой
(цементно-песчаная штукатурка, толщиной 15 мм,
или смальта, толщиной 5 мм)

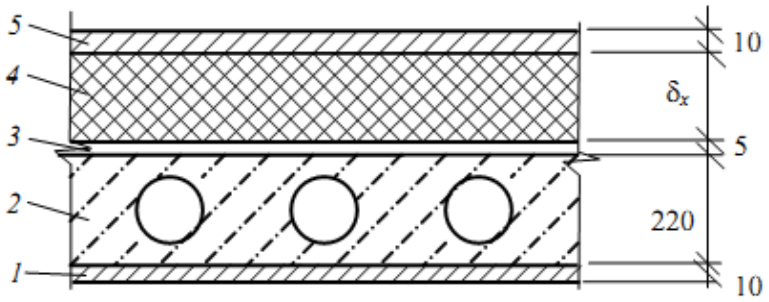


Рис.2 Конструкция чердачного перекрытия:
1 - известково-песчаная штукатурка; 2 - железобетонная плита;
3 - пароизоляция; 4 - теплоизоляционный слой;
5 - цементная стяжка

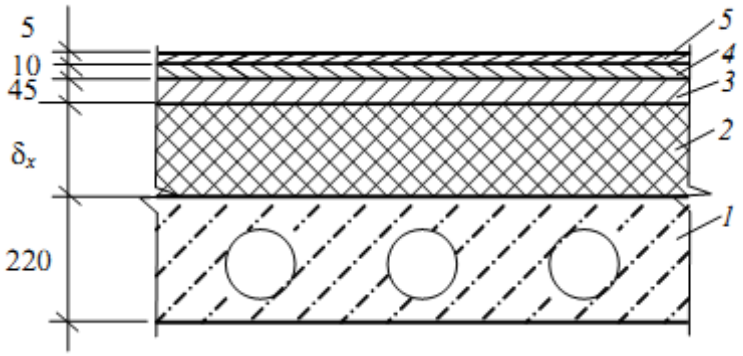


Рис. 3 Конструкция перекрытия над
неотапливаемым подвалом:
1 - железобетонная плита; 2 — теплоизоляционный слой;
3 - цементная стяжка; 4 - древесно-стружечная плита;
5 - линолеум на теплоизоляционной основе – 5 мм
(при укладке паркета, толщина 20 мм).

Толщина внутренних ограждений принимается исходя из условий: для капитальных кирпичных стен – 400 мм, перегородок – 150 мм, межэтажных перекрытий – 300 мм.

Характеристики строительных материалов для ограждающих конструкций приведены в приложении 1.

3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Теплотехнический расчет наружных ограждений производится в соответствии с положениями СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», СНиП II-3–79* «Строительная теплотехника», и направлен на выполнение требований к тепловой защите проектируемого здания в целях экономии энергии при обеспечении оптимальных параметров микроклимата помещений и долговечности его ограждающих конструкций.

Нормами предусмотрены следующие показатели тепловой защиты здания:

а) приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания, $R_0^{пр}$, (м^2·ºС/Вт);

б) санитарно-гигиенический показатель, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций Δt_0, ºС, и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление зданий.

Теплотехнический расчет наружный ограждений проводится в следующей последовательности:

1. В расчетно-пояснительной записке необходимо представить эскизы конструкций рассчитываемых наружных ограждений (наружная стена, чердачное перекрытие, перекрытие над неотапливаемыми подвалами) с указанием названия строительных материалов, толщины слоев δ, м, плотности ρ, кг/м^3, коэффициента теплопроводности в зависимости от условий эксплуатации А или Б λ, Вт/м·ºС.

2. Определяется величина градусо-суток отопительного периода района строительства, ГСОП, °С·сут, по формуле:

$$ГСОП = (t_в - t_{оп}) \cdot Z_{оп} \qquad (1)$$

где: $t_в$ - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая для жилых зданий согласно ГОСТ 30494-96 по минимальному значению оптимальной температуры по таблице 1.

$t_{оп}$, $Z_{оп}$ - средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут, отопительного периода, принимаемые согласно СНиП 23-01-99* Строительная климатология.

Оптимальные и допустимые нормы температуры в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий

Таблица 1

Наименование помещения	Температура воздуха, ^{0}С	
	оптимальная	допустимая
Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)
То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24 (22-24)
Кухня	19-21	18-26
Туалет	19-21	18-26
Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26
Межквартирный коридор	18-20	16-22
Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20

3. В зависимости от значения ГСОП района строительства определяются нормированные значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{тр}$, (м^2·ºС/Вт) по таблице 2.

Нормируемые значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Таблица 2

Здания и помещения	Градусо-сутки отопительного периода, °С·сут	Нормируемые значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{тр}$, м^2·°С/Вт				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	окон и балконных дверей, витрин и витражей	фонарей с вертикальным остеклением
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Жилые, лечебно-профилактические и детские	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45

учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55

Промежуточные значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{пр}$, м^2·°С/Вт, определяются методом линейной интерполяции.

4. Определяется толщина теплоизоляционного слоя ограждающих конструкций $\delta_{теплоиз}$, м, по формуле:

$$\delta_{теплоиз} = \left[R_0^{пр} - \left(\frac{1}{\alpha_в} + \Sigma \frac{\delta i}{\lambda i} + \frac{1}{\alpha_н} \right) \right] \cdot \lambda_{теплоиз} \qquad (2)$$

где: $\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м$^2 \cdot {}^0$С), принимаемый по таблице 3;

$\alpha_н$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м$^2 \cdot {}^0$С), принимаемый по таблице 3;

δ_i - толщина отдельных слоев ограждающей конструкции, м, (см. исходные данные);

λ_i - коэффициент теплопроводности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м·^{0}С), (приложение 1);

$\lambda_{теплоиз}$ - коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя ограждающей конструкции, Вт/(м·^{0}С), (приложение 1).

Полученную, минимально допустимую из условий тепловой защиты, толщину теплоизоляционного слоя $\delta_{теплоиз}$ следует округлить в большую сторону до величины, кратной 10 мм, $\delta^{ф}_{теплоиз}$, м, согласно требований унификации.

Значение коэффициентов теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ограждающих конструкций.

Таблица 3

Поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи	
	внутренней поверхности $\alpha_в$, Вт/(м$^2 \cdot {}^0$С)	наружной поверхности $\alpha_н$, Вт/(м$^2 \cdot {}^0$С)
Наружные стены, окна, бесчердачные перекрытия	8,7	23
Чердачные перекрытия, перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами	8,7	12
Перекрытия над холодными подвалами и подпольями (с ограждающими стенками)	8,7	17

5. Определяется фактическое сопротивление теплопередаче рассчитываемых ограждающих конструкций $R_0^{ф}$, м^2·ºС/Вт, с учетом принятой толщины теплоизоляционного слоя $\delta^{ф}_{теплоиз}$, м:

$$R_0^{Ф} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta^{ф}_{теплоиз}}{\lambda_{теплоиз}} + \frac{1}{\alpha_н} \qquad (3)$$

При этом величина фактического сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций должно быть не менее нормированного значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций:

$$R_0^{ф} \geq R_0^{пр} \qquad (4)$$

Если данное условие не выполняется, то необходимо последовательно увеличивать толщину теплоизоляционного слоя ограждающей конструкции $\delta^{ф}_{теплоиз}$ на один типоразмер до выполнения условия.

6. Для проверки следующего показателя тепловой защиты здания, необходимо определить температурный перепад Δt_0, ºС, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности рассчитываемых ограждающих конструкций по формуле:

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_в - t_н)}{R_0^{ф} \cdot \alpha_в} \qquad (5)$$

где: n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, определяемый по таблице 4;

$t_в$ – то же, что в формуле (1);

$t_н$ - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, ^{0}С, равная средней температуры наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, принимаемая согласно СНиП 23-01-99* Строительная климатология;

$\alpha_в$ – то же, что в формуле (2).

Полученные значения не должны превышать нормируемых величин $\Delta t_н$, ^{0}С, приведенных в таблице 5.

Коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху

Таблица 4

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
Наружные стены и перекрытия, вентилируемые наружным воздухом, окна, двери	1
Чердачные перекрытия, перекрытия над холодными подвалами и подпольями (с ограждающими стенками)	0,9
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами	0,75

Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

Таблица 5

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $\Delta t_н$, ^{0}С, для:		
	Наружных стен	Покрытий и чердачных перекрытий	Перекрытий над подвалами и подпольями
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4	3	2

7. При выполнении условий пунктов 5 и 6, определяется общая толщина ограждающих конструкций $\delta_{огр}$, м, как сумма толщин всех слоев:

$$\delta_{огр} = \sum \delta_i \tag{6}$$

8. Определяется приведенное сопротивление теплопередаче наружных дверей $R_{н.д.}$, м^2·ºС/Вт, равное фактическому, по формуле:

$$R_{н.д.} = R_0^{Ф} = 0{,}6 \cdot \frac{n \cdot (t_в - t_н)}{\Delta t_н \cdot \alpha_в} \tag{7}$$

Значения коэффициентов в формуле (7) принимаются равными значениям коэффициентов для наружной стены.

9. Для окон и светопрозрачной части балконных дверей нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче определяется по таблице 2 исходя из значения ГСОП. Затем по таблице 6 выбирается конструкция заполнения оконного проема и балконных дверей таким образом, чтобы ее фактическое сопротивление теплопередаче было больше либо равно приведенному.

А нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза больше нормируемого значения сопротивления теплопередаче светопрозрачной части дверей.

10. Вычисляется коэффициент теплопередачи рассчитываемых ограждающих конструкций $k_{огр}$, Вт/(м^2·^{0}С), по формуле:

$$k_{огр} = \frac{1}{R_0^{ф}} \tag{8}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче рекомендуемых окон и балконных дверей

Таблица 6

Заполнения светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{пр}$ м^2·°С/Вт		
	из обычного стекла	с твердым селективным покрытием	с мягким селективным покрытием
Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4	—	—
Двойное остекление в раздельных переплетах	0,44	—	—
Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	0,55	0,60	—
Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете	0,38	0,51	0,56
Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете с межстекольным расстоянием, мм:			
8	0,51	—	—
12	0,54	0,58	0,68
Стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах	0,56	0,65	0,72
Стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах	0,68	0,74	0,81
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7	—	—
Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,74	—	—
Четыре стекла в двух спаренных переплетах	0,8	—	—

11. По результатам теплотехнического расчета и подбора наружных ограждающих конструкций заполняется сводная таблица по прилагаемой форме (таблица 7).

Результаты теплотехнического расчета наружных ограждений здания

Таблица 7

Наименование ограждения		Условное обозначение	Общая толщина ограждения $\delta_{огр}$, м	$R_0^{ф}$, м^2·°С/Вт	$k_{огр}$, Вт/(м^2·^{0}С)
1		**2**	**3**	**4**	**5**
Наружная стена		НС			
Чердачное перекрытие		Пт			
Перекрытие над подвалом		Пл			
Окна		ОК	-		
Балконная дверь	светопрозрачная часть	БД	-		
	глухая часть		-		
Наружная дверь		НД	-		

4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Система отопления для выполнения возложенной на нее задачи должна обладать определенной тепловой мощностью. Расчетная тепловая мощность системы отопления выявляется в результате составления теплового баланса отапливаемых помещений при расчетной температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

Тепловой баланс отапливаемых помещений составляется на основании расчета тепловых потерь, который производится в соответствии с положениями СНиП 41-01-2011 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

В курсовом проекте для упрощения расчетов вычисляются тепловые потери только для жилых комнат, кухонь и лестничных клеток.

Исходные и полученные в ходе расчета тепловых потерь данные заносятся в таблицу 10 в следующей последовательности.

Графа 1 – «Номер помещения, его назначение». Каждое помещение здания, имеющее наружные стены, на плане нумеруется трехзначной цифрой, в которой первая цифра означает этаж, на котором находится помещений; вторая и третья – номер помещения на этаже (на первом этаже – 101,102,103, ..., на втором – 201, 202, 203, …, и т.д.). Помещения нумеруются слева направо, лестничные клетки обозначаются отдельно заглавными буквами (А, Б и т.д. в зависимости от количества лестничных клеток) и независимо от этажности здания рассматривают как одно помещение. Номера проставляются на чертежах в центре помещения в кружке.

Графа 2 – «Температура внутреннего воздуха $t_в$, ºС». Принимается по таблице 1. В угловых помещениях температура внутреннего воздуха принимается на 2 ºС выше указанной в таблице 1.

Графа 3 – «Характеристика наружных ограждений. Наименование». Обозначения наименований наружных ограждений принимаются по таблице 7 результатов теплотехнического расчета.

Графа 4 – «Характеристика наружных ограждений. Ориентация по сторонам света». Заполняется для вертикальных конструкций в соответствии с заданием.

Графа 5 – «Характеристика наружных ограждений. Размеры *a*x*b*, м» принимаются по заданию и планам здания с учетом следующих требований:

- длина наружных стен: в угловых помещениях – от кромки наружного угла до геометрических осей внутренних стен, в не угловых – между осями внутренних стен;

- высота наружных стен: на первом этаже – от уровня нижней поверхности перекрытия над подвалом до уровня чистого пола второго этажа; на промежуточных этажах – между уровнями полов данного и вышележащего этажей; на верхнем этаже – от уровня чистого пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия;

- размеры потолка и пола: в угловых помещениях – от внутренней поверхности наружных стен до осей противоположных стен, в неугловых – между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружной стены до оси противоположной стены;

- размеры окон и дверей измеряются по наименьшим размерам строительных проемов в свету.

Линейные размеры ограждающих конструкций принимаются с точностью до 0,1 м.

При заполнении графы 5 размеры санузлов и коридоров необходимо прибавлять к соответствующим расчетным размерам смежных помещений.

Графа 6 – «Характеристика наружных ограждений. Площадь *A*, м^2». Подсчитывается с точностью 0,1 м.

Графа 7 – «Расчетная разность температур ($t_в$-$t_н$), °С». Значение $t_в$ – то же, что в графе 2, $t_н$ – то же, что в формуле 5, для всех конструкций кроме пола, для пола, принимается равной температуре в неотапливаемом подвале в пределах 2-4°С.

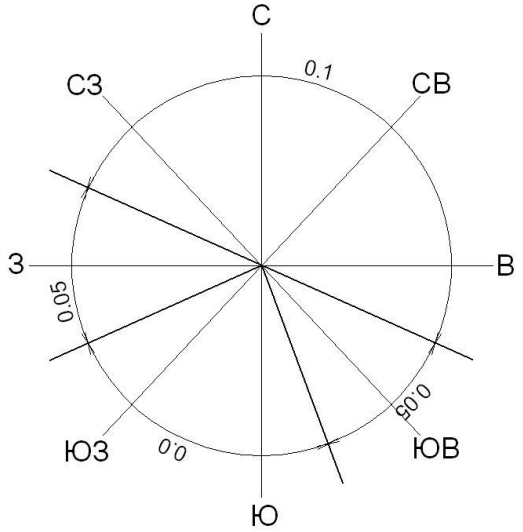
Графа 8 – «Поправочный коэффициент *n*». Принимается по таблице 4.

Графа 9 – «Коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций $k_{огр}$, Вт/(м^2·ºС)». Принимается по результату теплотехнического расчета. Коэффициенты теплопередачи окон, наружных и балконных дверей принимается из условия:

$$k_{ок(дв)} = |k_{ок(дв)} - k_{ст}| \qquad (9)$$

Графа 10 – «Добавочные потери теплоты. На ориентацию ограждения β_1». Следует принимать в долях от основных теплопотерь в помещениях

любого назначения через наружные стены, окна и двери в соответствии со схемой:



Графа 11 – «Добавочные потери теплоты. На угловые помещения β_2». При наличии в помещениях двух и более наружных стен принимается добавка в долях, равная 0,05.

Графа 12 – «Добавочные потери теплоты. На поступление наружного воздуха через наружные двери β_3». Добавка на поступление холодного воздуха при открывании наружных дверей в лестничной клетке, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте здания H, м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза, принимается:

- 0,2H – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;
- 0,27H – для двойных дверей с тамбуром между ними;
- 0,34H – для двойных дверей без тамбура;
- 0,22H – для одинарных дверей

Графа 13 – «Основные теплопотери через ограждающие конструкции $Q_{огр}$, Вт». Определяются с точность до 10 Вт по формуле:

$$Q_{огр} = A \cdot (t_а - t_в) \cdot k_{огр} \cdot n \cdot (1+\Sigma\beta) \qquad (10)$$

Графа 14 – «Основные теплопотери помещения $\Sigma Q_{огр}$, Вт». Определяются как сумма теплопотерь через отдельные ограждающие конструкции данного помещения.

Графа 15 – «Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха $Q_{инф}$, Вт». Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует рассчитывать по формуле:

$$Q_{инф} = 0{,}28Lpc \cdot (t_в - t_н) \cdot k_н \qquad (11)$$

где: L - расход удаляемого воздуха, м^3/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, принимаемый для жилых зданий 3 м^3/ч на 1 м^2 жилых помещений и кухни;

ρ - плотность воздуха в помещении, кг/м^3 (таблица 8)

c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1кДж/(кг·ºС);

$k_н$ – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока в конструкциях, принимается по таблице 9.

Значение плотности воздуха в зависимости от температуры

Таблица 8

t, ^{0}С	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
ρ, кг/м^3	1,248	1,243	1,239	1,235	1,230	1,226	1,222	1,217	1,213
t, ^{0}С	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
ρ, кг/м^3	1,209	1,205	1,201	1,197	1,193	1,189	1,185	1,181	1,177

Значение коэффициента $k_н$

Таблица 9

Наименование ограждений	$k_н$
Для стыков панелей стен, и окон с тройными переплетами	0,7
Для окон и балконных дверей с раздельными переплетами	0,8
Для ординарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами, открытых проемов	1,0

Графа 16 – «Бытовые теплопоступления $Q_{быт}$, Вт». Количество теплоты, выделяемое в процессе жизнедеятельности в комнатах и кухнях жилых домов, следует принимать не менее чем 10 ВТ на 1 м^2 площади помещения:

$$Q_{быт} = 10A_{пом.} \quad (12)$$

Графа 17 – «Полные теплопотери помещения $Q_{пом}$, Вт». Определяются по формуле:

$$Q_{пом} = \sum Q_{огр} + Q_{инф} - Q_{быт} \quad (13)$$

Потери теплоты помещениями всего здания $Q_{зд}$, Вт, определяются по формуле:

$$Q_{зд} = \sum Q_{пом} \quad (14)$$

Ведомость расчета теплопотерь помещений

Таблица 10

№ помещения, его назначение	Температура внутреннего воздуха $t_в$, °С	Характеристика ограждения				Расчетная разность температур ($t_в$-$t_н$), °С	Поправочный коэффициент n	Коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций $k_{огр}$, Вт/(м^2·°С)	Добавочные потери теплоты			Основные теплопотери через ограждающие конструкции $Q_{огр}$, Вт	Основные теплопотери помещения $\Sigma Q_{огр}$, Вт	Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха $Q_{инф}$, Вт	Бытовые теплопоступления $Q_{быт}$, Вт	Полные теплопотери помещения $Q_{пом}$, Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам света	Размеры axb,, м	Площадь A, м^2				на ориентацию ограждения β_1	на угловые помещения β_2	на поступление холодного воздуха через наружные двери β_3					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**

5. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Конструирование системы отопления производится в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2011 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

В здании необходимо запроектировать централизованную систему водяного отопления по заданному варианту с расчетными температурами теплоносителя $t_г$ = 95 °С и $t_о$ = 70 °С.

Конструирование системы отопления начинается с расстановки на поэтажных планах отопительных приборов. Отопительные приборы следует размещать под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Желательно, чтобы длина прибора составляла 50-75 % длины оконного проема. Отопительные приборы всех типов устанавливаются на расстоянии не менее: - от пола – минимально 60 мм, - от нижней поверхности подоконных досок (при их отсутствии – от низа оконного проема) – 50-100 мм, - от поверхности стены – 25-30 мм (рис. 4). При этом стояки системы отопления устраивают на расстоянии 150 мм от края оконного проема. В двухтрубных системах отопления расстояние между осями подающего и обратного стояков должно составлять 80 мм, при этом подающий стояк располагают справа при взгляде со стороны помещения.

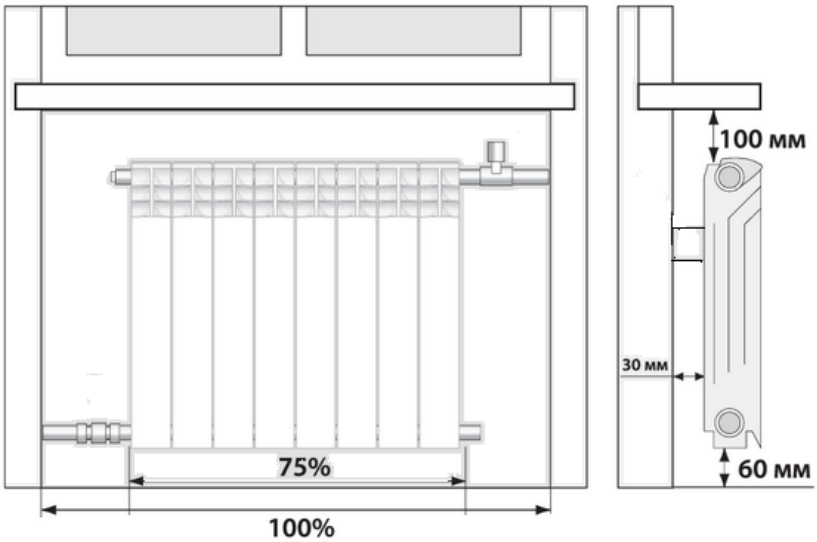


Рис. 4 Схема размещения отопительного прибора

В лестничных клетках многоэтажных зданий (до 12 этажей) отопительные приборы располагают внизу за пределами входного тамбура, применяя при этом высокие конвекторы. В малоэтажных зданиях используют отопительные приборы такого же типа, как и для отопления основных помещений.

Присоединение отопительных приборов к теплопроводам может осуществляться по трем схемам, приведенным на рис. 5

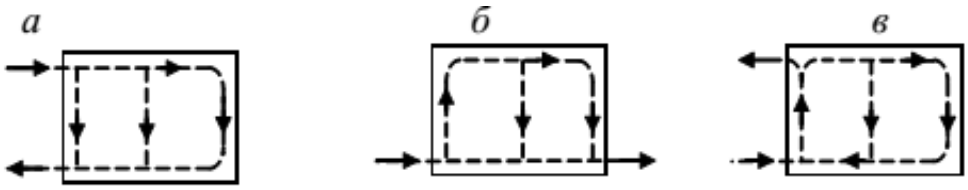


Рис.5 Схемы присоединения отопительных приборов к теплопроводам системы отопления по типу питания теплоносителем: а – сверху-вниз, б – снизу-вниз, в – снизу-вверх.

Наиболее эффективная схема питания – сверху-вниз, применяемая как в двухтрубных системах отопления с верхней и нижней разводкой, так и в однотрубных системах. Присоединение приборов по схеме снизу-вниз может применяться на верхних этажах в вертикальных двухтрубных и однотрубных системах отопления с нижней разводкой и в горизонтальных системах отопления. А присоединения приборов по схеме снизу-вверх применяется в однотрубных системах отопления с нижней разводкой.

К стоякам, питающим приборы лестничных клеток, нельзя присоединять приборы других помещений. Питание приборов лестничных клеток осуществляется по однотрубной проточной схеме.

Затем, в зависимости от вида заданной системы отопления, назначения и ширины здания, необходимо разместить магистрали в подвальном и чердачном помещениях здания.

В гражданских зданиях шириной до 9 м магистрали можно прокладывать вдоль их продольной оси (рис. 6, а). В гражданских зданиях шириной более 9 м предусматривают прокладку магистралей, обеспечивающую разделение системы отопления на две пофасадные части, что сокращает протяженность труб и обеспечивает пофасадное регулирование системы отопления.

В чердачных помещениях магистрали располагают на расстоянии 1-1,5 м от наружных стен (рис. 6, б, в; 7, а) для удобства монтажа и ремонта, а также для обеспечения компенсации теплового удлинения стояков. В подвальных помещениях и технических этажах магистрали для экономии места укрепляют на стенах на высоте 0,3-0,5 м ниже потолка (рис. 7, б). Магистрали систем отопления, прокладываемые в неотапливаемых помещениях, необходимо теплоизолировать.

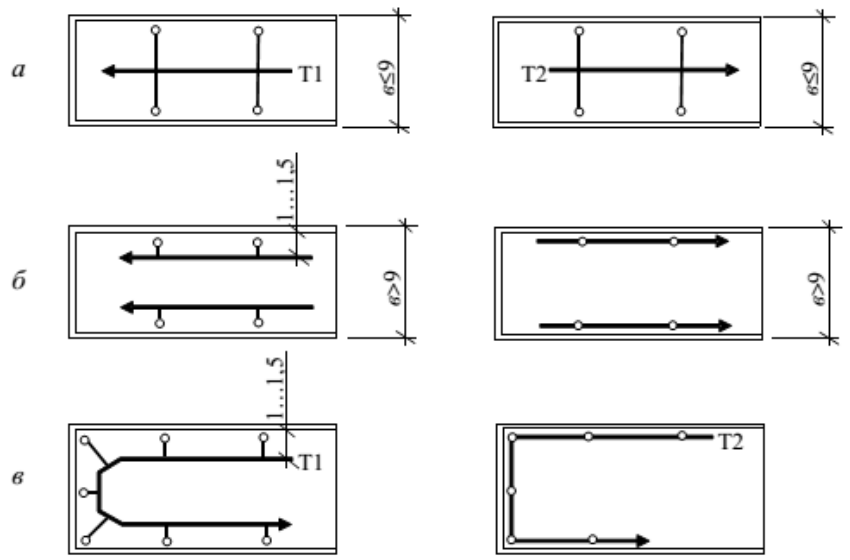


Рис.6 Размещение магистралей системы отопления в чердачных (слева), подвальных (справа) помещениях зданий: а - шириной 9 м, б – шириной более 9 м при тупиковом движении теплоносителя, в - шириной более 9 м при попутном движении теплоносителя.

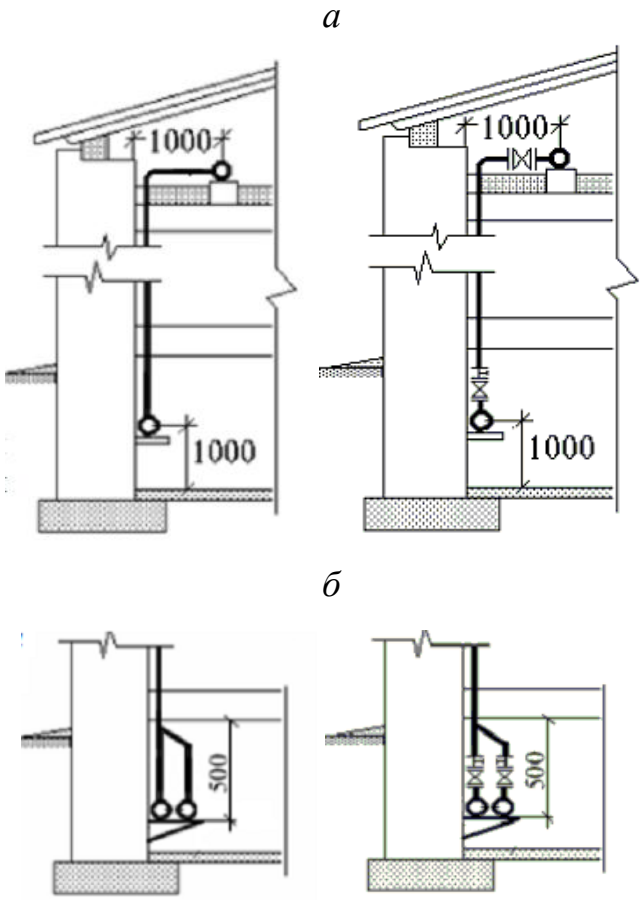


Рис. 7 Расположение магистралей системы отопления а – в чердачном помещении, б – в подвальном помещении.

Уклон магистралей следует принимать не менее 0,002.

Для осуществления монтажного и эксплуатационного регулирования, а также для отключения отдельных частей системы отопления на теплопроводах устанавливают ручную и автоматическую запорно-регулирующую арматуру.

По способу присоединения арматуру разделяют на муфтовую (резьбовую) и фланцевую (болтовую). Муфтовая применяется на трубах малого диаметра ($D_y \leq 40$ мм), фланцевая на трубах большого диаметра ($D_y \geq 50$ мм).

На подводках к отопительным приборам устанавливают следующую запорно-регулирующую арматуру: в однотрубных системах отопления – краны, обеспечивающие эксплуатационное регулирование, имеющие пониженный (до 5) коэффициент местного сопротивления (ручные проходные и трехходовые краны, автоматические краны); в двухтрубных системах отопления – краны, обеспечивающие пуско-наладочное и эксплуатационное регулирование, имеющие повышенный коэффициент местного сопротивления (ручные краны двойного регулирования, краны ручные проходные с дросселирующим устройством, автоматические краны).

Регулирующие краны у отопительных приборов не устанавливают в местах, где может замерзать циркулирующая вода. Это относится к приборам, устанавливаемым при входе в лестничные клетки, у ворот, у загрузочных наружных проемов и т. д.

Арматуру на стояках и горизонтальных ветвях систем отопления устанавливают для их полного отключения при необходимости проведения ремонтных и других работ во время отопительного сезона.

Арматуру на стояках в малоэтажных (от одного до трех этажей) зданиях не устанавливают (рис. 8, *а*). В многоэтажных зданиях до семи этажей на стояках устанавливают проходные пробочные краны (рис. 8, *б*, *в*), вместо спускных кранов можно применять тройники или муфты с пробками для выпуска воздуха и воды.

В зданиях, имеющих восемь этажей и более (рис. 8, *г*), обязательна установка спускных кранов (вместо тройников с пробками); проходные краны заменяют вентилями.

На стояках в лестничных клетках запорные краны устанавливают не зависимо от числа этажей.

Арматуру на магистралях необходимо устанавливать для отключения отдельных частей системы отопления. В качестве такой арматуры используют муфтовые проходные краны и вентили (при диаметре труб $D_y \leq 40$ мм), а также фланцевые задвижки на трубах большого диаметра ($D_y \geq 50$ мм). В пониженных местах на магистралях устанавливают спускные краны, в повышенных местах – воздушные краны или воздухосборники.

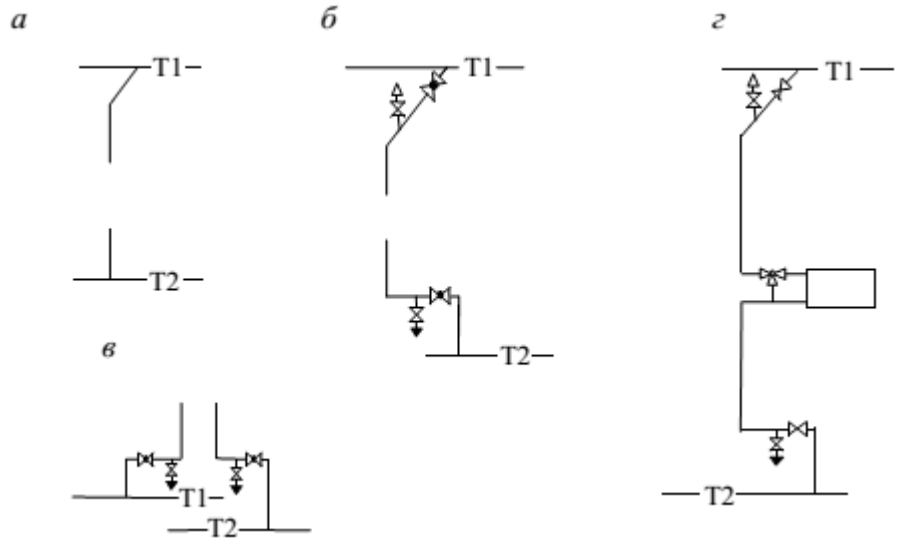


Рис. 8. Схемы присоединения стояков к магистралям систем отопления: а - малоэтажных зданий, б - многоэтажных зданий до семи этажей
при верхней разводке, в - при нижней разводке, г - восьмиэтажных и более высоких зданий

Для выпуска воздуха из системы отопления используют: в системах отопления с верхней разводкой – проточные вертикальные и горизонтальные воздухосборники (устанавливают непосредственно на подающей магистрали, проложенной в чердачном помещении, рис. 9, а), в системах отопления с нижней разводкой – воздушные краны (краны Маевского), устанавливаемые на отопительных приборах верхнего этажа здания (рис. 9, б).

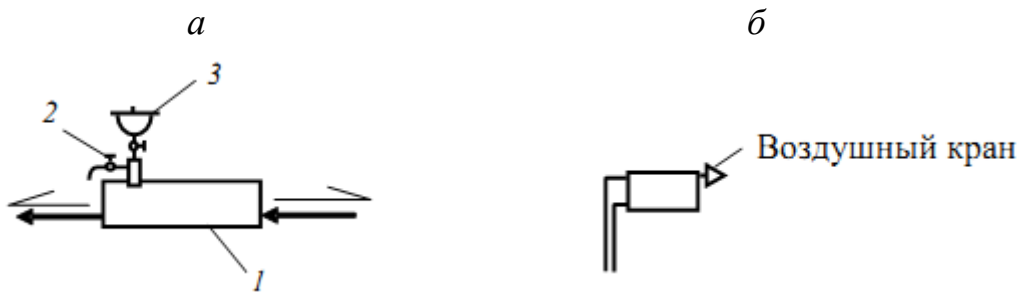


Рис. 9. Устройства для удаления воздуха из систем водяного отопления: а – проточный воздухосборник при верхней разводке (1 – горизонтальный проточный воздусборник, 2 – спускной кран, 3 – автоматический воздухоотводчик), б – воздушный кран при нижней разводке

На основании вышеизложенного материала, необходимо нанести элементы системы отопления на планы здания, построить аксонометрическую схему системы отопления в М1:100, расставить запорно-регулирующую арматуру и устройства для удаления воздуха из системы отопления.

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Гидравлический расчет теплопроводов системы отопления производится с целью определения оптимального диаметра труб, достаточного для подачи необходимого количества теплоносителя в отопительные приборы и преодоления гидравлического сопротивления системы отопления.

Гидравлическое сопротивление системы при этом должно соответствовать расчетному располагаемому давлению системы отопления.

Гидравлический расчет выполняется по аксонометрической схеме системы отопления, на которую должны быть нанесены нагрузки отопительных приборов и стояков, вычисленные в расчете телопотерь.

На аксонометрической схеме выбирается главное циркуляционное кольцо исходя из следующих условий: - для двухтрубной системы отопления с тупиковым движением теплоносителя главное циркуляционное проходит через наиболее нагруженный и удаленный нижний отопительный прибор; - для двухтрубной системы отопления с попутным движением теплоносителя - через наиболее нагруженный нижний отопительный прибор, находящийся в середине; - для однотрубной системы отопления исходя из тех же условий, но через наиболее нагруженный стояк.

Затем необходимо разбить главное циркуляционное на участки. Участком является часть трубопровода с постоянным расходом теплоносителя, проходящего по нему. Границами участков являются тройники и крестовины. Расчетные участки нумеруются по ходу движения теплоносителя, начиная от теплового узла системы отопления. После выполнения расчета, напротив каждого расчетного участка необходимо указать расход теплоносителя на нем $G_{уч.}$, кг/ч, его длину $l_{уч.}$, м и условный диаметр $d_{уч.}$, мм.

Гидравлический расчет теплопроводов рекомендуется выполнять методом удельных линейных потерь давления на трение по длине трубопроводов в следующей последовательности.

1. Определяется тепловая нагрузка на всех расчетных участках главного циркуляционного кольца $Q_{уч.}$, Вт. Тепловая нагрузка на участках магистральных труб определяется как сумма тепловых нагрузок стояков, к которым по этому участку подводится или отводится теплоноситель.
2. Замеряются длины участков, $l_{уч.}$, м, согласно масштаба.
3. Вычисляется массовый расход воды на участках, $G_{уч.}$, кг/ч, по формуле:

$$G_{уч} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{уч} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_г - t_о)} \qquad (15)$$

где: $Q_{уч}$ – тепловая нагрузка участка, Вт;

β_1 и β_2 – поправочные коэффициенты, учитывающие соответственно увеличение теплового потока устанавливаемых отопительных приборов (таблица 12) и дополнительные потери теплоты отопительных приборов у наружных ограждений (таблица 13);
c – удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг·°С);
$t_г$ и $t_о$ – температуры теплоносителя в подающем и обратном теплопроводе системы отопления, соответственно 95 и 70°С.

Тип и характеристика отопительных приборов

Таблица 11

Тип отопительного прибора	Номинальный условный тепловой поток одного элемента прибора $Q_{н.у}$, Вт
	2
Радиаторы секционные чугунные МС-140-108 МС-140-98 М-140-АО М-140А М-90 МС-90-108	 185 174 178 164 140 150
Радиатор секционный алюминиевый «Extra Therm»	181
Радиатор секционный биметаллический «MONOLIT 500»	196
Радиаторы стальные панельные а) однорядные б) двухрядные	 218 384
Конвектор настенный с кожухом «Универсал»	400

Значения коэффициента β_1

Таблица 12

Шаг номенклатурн6ого ряда отопительных приборов, Вт	β_1
120	1,02
150	1,03
180	1,04
210	1,06
240	1,08
300	1,13

Примечание. Для отопительных приборов помещения с номинальным тепловым потоком более 2300 Вт следует принимать вместо β_1 коэффициент $\beta'_1 = 0{,}5\cdot(1+\beta_1)$

Значение коэффициента β_2

Таблица 13

Тип отопительного прибора	β_2
Радиатор: чугунный секционный стальной панельный	 1,02 1,04
Конвектор: с кожухом без кожуха	 1,02 1,03

4. Вычисляется средняя величина удельных потерь давления на трение (удельное сопротивление) $R_{ср}$, Па/м:

$$R_{ср} = \frac{m \cdot \Delta P_p}{\Sigma l} \qquad (16)$$

где: m – коэффициент, принимаемый для однотрубной системы отопления 0,65, для двухтрубной – 0,5;

Σl – сумма длин участков циркуляционного кольца, м;

ΔP_p – расчетное располагаемое давление в системе отопления, Па, величина которого принимается согласно задания.

5. При известных значениях $R_{ср}$ и $G_{уч}$ по номограмме (приложение 2) определяются ближайшие по стандарту диаметры труб $d_{уч}$, мм, фактические значения удельного сопротивления $R_{уч}$, Па/м, скорость движения теплоносителя на участках $w_{уч}$, м/с, и динамическое давление теплоносителя $p_{дин.уч}$, Па.

6. По аксонометрической схеме системы отопления определяются местные сопротивления на каждом участке главного циркуляционного кольца. К местным сопротивлениям относятся фасонные части, запорно-регулирующая арматура, отопительные приборы. Местные сопротивления, расположенные на границе двух участков (тройники, крестовины), относятся к участку с меньшим расходом теплоносителя. Значения коэффициентов местных сопротивлений представлены в приложении 3.

Расчет местных сопротивлений ведется по форме, представленной в таблице 14, где указываются вид местных сопротивлений, величина коэффициентов ζ и сумма на каждом участке $\Sigma\zeta$.

7. Далее рассчитываются потери давления на трение по длине участка $(R \cdot l)_{уч}$, Па, и в местных сопротивлениях $Z_{уч}=(p_{дин} \cdot \Sigma\zeta)_{уч}$, Па, а затем находятся полные потери давления на каждом участке $(R \cdot l+Z)_{уч}$, Па и суммарные потери давления по всей длине главного циркуляционного кольца

$\Sigma(R \cdot l+Z)_{уч.}$, Па.

Гидравлический расчет сводится в таблицу 15.

Таблица определения суммы коэффициентов местных сопротивлений на участках

Таблица 14

Номер участка	Диаметр, $d_{уч}$, мм	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления ζ	Сумма коэффициентов местного сопротивления Σζ
1	**2**	**3**	**4**	**5**

Гидравлический расчет главного циркуляционного кольца

Таблица 15

Номер участка	Тепловая нагрузка на участке $Q_{уч}$, Вт	Расход воды на участке $G_{уч}$, кг/ч	Длина участка $l_{уч}$, м	Диаметр участка $d_{уч}$, мм	Удельное сопротивление на $R_{уч}$, Па/м	Скорость теплоносителя $w_{уч}$, м/с	Динамическое давление теплоносителя $p_{дин.уч}$, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке $\sum\zeta$	Потеря давления на трение на участке $(Rl)_{уч}$, Па	Потери давления на местные сопротивления $Z_{уч}$, Па	Суммарные потери давления $\Sigma(Rl+z)_{уч}$, Па
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**

8. Правильность выполнения гидравлического проверяется выполнением следующих условий:

$$0{,}9 \cdot \Delta Pp \geq \sum(Rl + Z) \qquad (17)$$

При этом невязка не должна превышать: 15% - для систем с тупиковым движением теплоносителя, и 5% - для систем отопления с попутным движением теплоносителя. Невязка рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{0{,}9 \cdot \Delta P_p - \Sigma(Rl + Z)}{0{,}9 \cdot \Delta P_p} \cdot 100\% \qquad (18)$$

При не выполнении одного из условий на отдельных участках главного циркуляционного кольца следует уменьшить или увеличить диаметры труб.

7. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Тепловой расчет отопительных приборов заключается в определении площади поверхности и соответствующего типоразмера (или количества секций) отопительных приборов в каждом из отапливаемых помещений при заданных исходных условиях, с тем, чтобы общая поверхность прибора обеспечивала необходимое теплопоступление в отапливаемое помещение для возмещения теплопотерь.

Исходными данными для теплового расчета являются тип отопительных приборов, способ их установки, схема присоединения к теплопроводам системы отопления, вид и параметры теплоносителя.

В курсовом проекте необходимо произвести тепловой расчет всех отопительных приборов, установленных в отапливаемом здании.

Тепловой расчет производится для каждого отопительного прибора отдельно в следующей последовательности.

1. Определяется температура подающей воды на входе в рассматриваемый стояк, ºС:

$$t_1 = t_г - \sum \Delta t_м \qquad (19)$$

где: $\sum \Delta t_м$ - суммарное понижение температуры воды на участках подающей магистрали от теплового пункта до рассматриваемого стояка, ветви или распределителя, ºС/м.

Ориентировочные значения понижения температуры 1 м изолированной подающей магистрали приведены в таблице 16.

Таблица 16

$D_у$, мм	25-40	50	65-100	125-150
$\Delta t_м$, ºС/м	0,04	0,03	0,02	0,01

2. Определяется массовый расход теплоносителя, кг/ч:

- для двухтрубных систем – через каждый рассчитываемый отопительный прибор по формуле:

$$G_{пр} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{пр} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_1 - t_o)} \qquad (20)$$

- для однотрубных систем – через каждый рассматриваемый стояк, к которому подключены рассчитываемые отопительные приборы по формуле:

$$G_{ст} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{ст} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_1 - t_o)} \qquad (21)$$

где: $Q_{пр}$, $Q_{ст}$ – соответственно тепловая нагрузка каждого отдельного прибора, рассматриваемого стояка, Вт;

β_1, β_2, c, t_o - то же, что в формуле (15);

t_1 - то же, что в формуле (19)

3. Определяется средняя температура теплоносителя в каждом отопительном приборе, ºС:

- для двухтрубных систем:

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_o}{2} \qquad (22)$$

- для однотрубных систем:

$$t_{cp} = t_1 - (\Sigma Q_{np} + \frac{0{,}5 \cdot Q_{np}}{\alpha}) \cdot \frac{3{,}6 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot G_{cm}} \qquad (23)$$

где: ΣQ_{np} – суммарная тепловая мощность приборов, подключенных к стояку до рассматриваемого прибора, Вт;

α – коэффициент затекания теплоносителя в отопительный прибор, принимается по таблице 17.

4. Определяется средняя расчетная разность температур для отопительного прибора, ºС:

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_в \qquad (24)$$

где: $t_в$ - средняя температура внутреннего воздуха в отапливаемом помещении, °С.

Значение коэффициента затекания теплоносителя α в приборных узлах однотрубных систем отопления

Таблица 17

Приборный узел	Присоединение приборов к стояку	Подводка с замыкающими участками	α
С трехходовым краном КРТ	Одностороннее Двустороннее	- -	1,0 0,50
С проходным краном КРП	Одностороннее	Смещенным * Осевым	0,50 0,33
	Двустороннее	Смещенным * Осевым	0,20 0,17

*При подводках с утками для этого узла α = 0,33; для остальных узлов α не изменяется.

5. Вычисляется тепловой поток $Q_{тр}$ от трубопроводов, открыто проложенных в рассматриваемом помещении, Вт:

$$Q_{тр} = \sum(q_в \times l_в) + \sum(q_г \times l_г) \qquad (25)$$

где: $l_в$, $l_г$ – соответственно длины вертикального и горизонтального неизолированного теплопровода расчетного участка стояка, м.

$q_в$ и $q_г$ - соответственно теплоотдача 1м.п. вертикального и горизонтального неизолированного теплопровода, Вт/м (Приложение 4).

При определении теплоотдачи 1 м неизолированных труб разность температуры теплоносителя и воздуха в помещении принимают с учетом температуры теплоносителя на входе и выходе в отопительный прибор.

6. Вычисляется расчетный требуемый тепловой поток отопительного прибора, Вт, по выражению:

$$Q_1 = (Q_{пр} - 0{,}9 \times Q_{тр}) \qquad (26)$$

где: $Q_{пр}$ - значение теплового потока отопительного прибора (или сумма тепловых потоков отопительных приборов помещения) соответствует теплопотерям данного помещения.

7. Вычисляется номинальный требуемый тепловой поток отопительного прибора, Вт, исходя из того, что он не должен сократиться более, чем на 5 % по сравнению с Q_1 по формуле:

$$Q_{н.т.} = \frac{0{,}95 \cdot Q_1}{\varphi} \qquad (27)$$

где: φ – коэффициент приведения номинального требуемого теплового потока к расчетным условиям, вычисляется по формуле:

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{ср}}{\Delta t_н}\right)^{1+n} \times \left(\frac{G_{пр}}{360}\right)^{P} \qquad (28)$$

где: n и p - показатели для определения теплового потока отопительного прибора, приведены в таблице 18;

$\Delta t_н$ - номинальная средняя разность температур, равная 70 ºС - для приборов отечественного производства, 60 ºС или 50 ºС - для большинства импортных приборов (см. каталоги производителей);

$G_{пр}$ - расчетный расход теплоносителя в отопительном приборе, кг/ч:

- для двухтрубных систем принимается по формуле (20);
- для однотрубных систем по формуле:

$$G_{пр} = \alpha \cdot G_{ст} \qquad (29)$$

Значения показателей n, ρ для определения теплового потока отопительных приборов

Таблица 18

Тип отопительного прибора	Направление движения теплоносителя	Расход теплоносителя G, кг/ч	n	ρ
Радиаторы секционные: чугунные, алюминиевые, биметаллические Стальной панельный радиатор	Сверху – вниз	до 50 более 50	0,3	0,2 0,00
	Снизу – вниз	до 100 более 100	0,15	0,08 0,00
	Снизу – вверх	до 60 более 60	0,25	0,12 0,04
Конвектор с кожухом настенный или напольный	Любое	до 90 более 90	0,30	0,18 0,07
Конвектор настенный без кожуха	Любое	-	0,2	0,03
Труба отопительная чугунная	-	-	0,25	0,07
Приборы из гладких труб	-	-	0,25	0,00

8. По требуемой величине номинального теплового потока $Q_{н.т.}$ для стальных панельных радиаторов и конвекторов подбирается типоразмер отопительных приборов по их техническим характеристикам (таблица 11, приложения 5-7) или по каталогам производителей, номинальный условный тепловой поток которых $Q_{н.у}$, может быть меньше требуемого не более, чем на 5 % или на 60 Вт.

Для секционных отопительных приборов требуемое минимальное число секций определяется по формуле:

$$N_{сек} = \frac{Q_{н.т.}}{Q_{н.у.} \cdot \beta_3} \qquad (30)$$

где: $Q_{н.у}$ – номинальный условный тепловой поток одной секции радиатора, зависит от типа радиатора, Вт/секц;

β_3 - коэффициент учета числа секций в приборе (таблица 19);

Коэффициент β_3 учета числа секций в отопительном приборе

Таблица 19

Число секций	До 15	16-20	21-25
β_3	1,00	0,98	0,96

Первоначально принимают $\beta_3 = 1$, при получении числа секций $N_{сек} > 15$, их количество уточняют. Если в результате вычислений по формуле (30) получилось дробное число, его необходимо округлить до целого в большую сторону.

Для удобства расчет отопительных приборов можно вести в табличной форме.

8. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО УЗЛА

Тепловой узел представляет собой комплекс оборудования и устройств, предназначенных для присоединения систем теплопотребления к тепловым сетям.

В курсовом проекте присоединение к тепловым сетям – зависимое со смешением теплоносителя. Смешение осуществляется с помощью смесительной установке, в качестве которой может использоваться смесительный насос или водоструйный элеватор (см. задание). Основное назначение смесительной установки - понижение температуры сетевой воды (см. задание), поступающей от источника тепла в тепловой узел здания, до необходимой для подачи в систему отопления $t_г$ = 95°С. Понижение температуры происходит при смешении высокотемпературной сетевой воды с обратной водой из системы отопления, охлажденной до температуры $t_о$ = 70°С.

Подбор смесительной установки осуществляется на основании коэффициента смешения:

$$U = \frac{T_1 - t_г}{t_г - t_о} \qquad (31)$$

где: T_1 – температура теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети (по заданию);
$t_г$, $t_о$ – параметры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе системы отопления (95-70°С).

Подбор элеватора осуществляется в следующей последовательности:

1. Определяется расход теплоносителя в системе отопления, т/ч:

$$G_{co} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{зд.}}{c \cdot (t_г - t_о) \cdot 1000} \tag{32}$$

где: $Q_{зд.}$ – расход тепла в проектируемой системы отопления, Вт, принимается по формуле (14);
c – удельная теплоёмкость воды, равная 4,19 кДж/(кг°С);
$t_г$, $t_о$ – то же, что и в формуле (31).

2. Вычисляется диаметр камеры смешения элеватора по формуле, мм:

$$d_k = 8{,}5 \cdot \sqrt{\frac{G_{co}}{\sqrt{P_{co}}}} \tag{33}$$

где: ΔP_{co} – гидравлическое сопротивление системы отопления, кПа, принимается по итогам гидравлического расчёта.

3. Определяется расчётный диаметр сопла, мм, по формуле:

$$d_c = \frac{d_к}{1+U} \tag{34}$$

5. По рассчитанному значению $d_к$ подбирается номер элеватора с ближайшим наибольшим диаметром камеры смешения по таблице 20.

Конструктивные характеристики чугунного элеватора типа ВТИ

Таблица 20

Номер элеватора	Диаметр камеры смешения $d_к$, мм	Размеры, мм					
		L	l	D	D_1	D_2	d
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	15	425	90	145	160	160	51
2	20	425	90	145	160	160	51
3	25	625	135	160	195	195	70
4	30	625	135	160	195	195	70
5	35	625	135	160	195	195	70
6	47	720	180	195	215	215	100
7	59	720	180	195	215	215	100

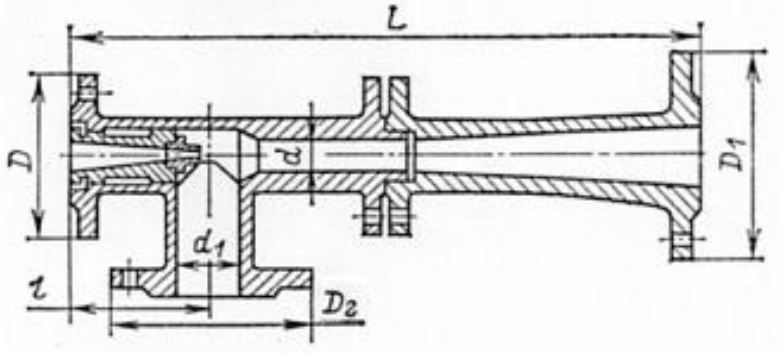


Рис. 10 Общий вид чугунного элеватора типа ВТИ

Подбор смесительного насоса осуществляется в следующей последовательности.

1. Определяется расход воды, поступающей из тепловой сети, т/ч:

$$G_{тс} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{зд}}{c \cdot (T_1 - t_o) \cdot 1000} \qquad (35)$$

2. Рассчитывается подача насоса, т/ч:

− при установке насоса на перемычке между подающей и обратной магистралями системы отопления (когда рабочего располагаемого давления достаточно для преодоления сопротивления системы отопления):

$$G_н = 1{,}1 \cdot U \cdot G_{тс} \qquad (36)$$

− при установке насоса на подающей или обратной магистрали системы отопления (когда рабочего располагаемого давления не достаточно для преодоления сопротивления системы отопления):

$$G_н = 1{,}1 \cdot (1 + U) \cdot G_{тс} \qquad (37)$$

3. Определяется давление, развиваемое насосом, МПа:

$$\Delta P_н = 1{,}15 \cdot \Delta P_{со} \qquad (38)$$

Используя рассчитанные характеристики смесительного насоса $\Delta P_н$, МПа и $G_н$, т/ч, по каталогам производителей подбирается тип насоса и его технические характеристики.

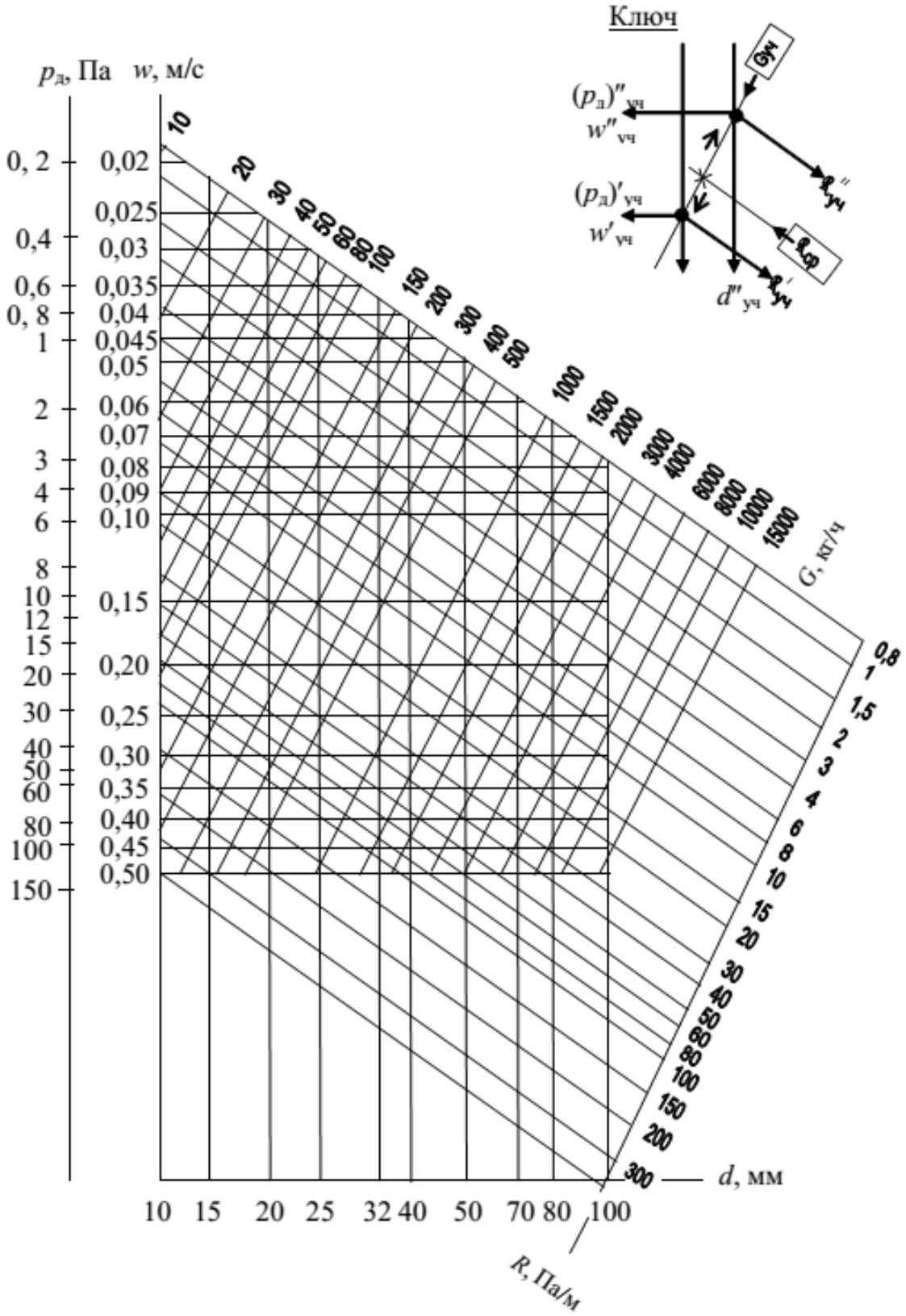
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Характеристики строительных материалов

№ п/п	Наименование материала	Плотность в сухом состоянии	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·ºС), при условиях эксплуатации	
			А	Б
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Основной конструктивный слой наружной стены				
1	Кирпич керамический пустотный	1200	0,33	0,42
2	Кирпич керамический пустотный	1400	0,52	0,58
3	Кирпич глиняный обыкновенный	1800	0,70	0,81
4	Кирпич силикатный	1800	0,76	0,87
5	Кирпич силикатный пустотный	1500	0,70	0,81
Теплоизоляционный слой наружной стены				
6	Пенополистирол	100	0,041	0,052
7	Пенополиуретан	75	0,03	0,03
8	Маты минераловатные прошивные	75	0,06	0,064
9	Плиты минераловатные жесткие	200	0,07	0,08
Теплоизоляционный слой перекрытия над подвалом				
10	Пенополистирол	40	0,041	0,05
11	Пенополиуретан	45-70	0,028	0,028
Теплоизоляционный слой чердачного перекрытия				
12	ROCKWOOL (маты)	50	0,047	0,047
13	Пенополиуретан	45-70	0,028	0,028
14	Маты минераловатные прошивные	50	0,052	0,06
Пароизоляция				
15	Рубероид	600	0,17	0,17
16	Битум нефтяной кровельный	1000	0,17	0,17
Покрытия для полов				
17	Плиты древесно-стружечные	1000 800 600	0,23 0,19 0,13	0,29 0,23 0,16
18	Линолеум на теплоизоляционной основе	1600 1800	0,33 0,38	0,33 0,38
19	Паркет из дуба поперек волокон	700	0,18	0,23
20	Паркет из дуба вдоль волокон	700	0,35	0,41
Остальные слои наружных ограждений				
21	Железобетонная плита	2500	1,92	2,04
22	Цементно-песчаный раствор	1700	0,76	0,93
23	Известково-песчаный раствор	1600	0,70	0,81

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Номограмма для гидравлического расчета теплопроводов систем водяного отопления из стальных труб



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Вид и значение местных сопротивлений

Местное сопротивление	Значение ζ при условном диаметре труб, мм						
	10	15	20	25	32	40	50
Радиатор секционный	2	2	2	2	2	2	2
Радиатор панельный	0,3	0,6	2	5,3	-	-	-
Конвектор «Универсал»	0,7	1,6	5,4	14,4	-	-	-
Тройники: Проходные	1	1	1	1	1	1	1
На ответвление	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
На противотоке	3	3	3	3	3	3	3
Крестовины: Проходные	2	2	2	2	2	2	2
Поворотные	3	3	3	3	3	3	3
Вентили обыкновенные	20	16	10	9	9	8	7
Задвижки параллельные	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5
Краны пробковые проходные	5	4	2	2	2	-	-
Краны двойной регулировки	5	4	2	2	2	-	-
Отводы 90º и утки	2	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
Отводы 135º	1	0,75	0,75	0,5	0,5	0,25	0,25
Скобы	4	3	2	2	2	2	2
Воздухосборник	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Теплоотдача открыто проложенных трубопроводов систем водяного отопления q (вертикальных - верхняя, горизонтальных - нижняя строка)

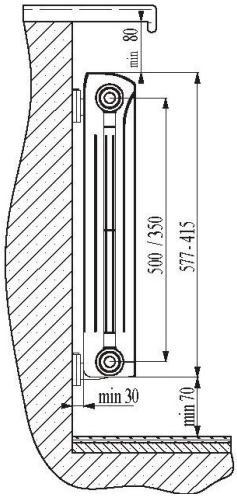
$t–t_в$, °С	Условный диаметр, мм	Теплоотдача 1 м трубы q, Вт/м, при $t – t_в$, °С, через 1 °С									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
30	10	15 22	16 23	17 23	17 24	18 25	18 26	20 28	21 28	21 29	22 30
	15	20 26	21 28	21 29	22 30	23 31	24 32	24 34	25 35	26 36	28 37
	20	23 32	24 34	25 35	26 36	28 38	29 39	31 41	32 42	34 43	35 44
	25	31 39	32 41	34 43	35 44	36 45	37 47	38 49	41 51	42 52	43 53
	32	39 47	41 50	43 52	44 54	45 56	47 58	50 60	51 63	52 64	54 67
	40	51 53	53 56	56 58	58 60	60 63	63 65	65 67	67 69	69 72	72 74
	50	56 65	58 67	60 69	63 73	65 77	67 78	69 81	72 84	74 87	77 90
40	10	22 31	23 32	24 32	24 34	25 35	25 36	27 37	28 38	28 39	29 41
	15	28 38	30 39	30 41	31 42	32 43	34 44	34 44	35 46	36 47	37 49
	20	36 43	37 47	38 50	39 52	41 53	42 55	43 57	44 58	45 59	46 60
	25	44 57	46 59	47 63	49 65	51 66	52 68	53 71	55 72	56 74	58 75
	32	56 74	58 77	60 79	61 81	64 84	65 86	67 89	68 92	71 94	73 96
	40	64 77	66 79	68 80	70 84	72 86	74 88	77 89	78 92	80 94	82 97
	50	79 93	82 95	85 99	87 101	88 105	93 107	95 110	97 113	100 115	103 118
50	10	30 41	30 42	31 32	32 44	32 45	34 46	35 47	35 49	36 50	37 50
	15	38 50	38 51	39 52	41 53	41 56	43 57	44 58	44 59	45 60	46 61
	20	47 63	49 61	50 64	51 65	52 66	53 68	54 70	56 71	57 73	58 74
	25	59 73	60 74	62 76	64 79	65 80	67 82	68 85	70 86	72 88	73 91

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	32	74 91	76 92	78 94	80 96	82 99	84 101	86 103	88 106	91 108	92 112
	40	85 100	86 102	88 106	91 108	93 110	96 113	97 116	99 118	101 121	103 124
	50	106 122	108 125	111 129	114 132	117 135	120 138	123 141	125 144	128 148	131 151
60	10	38 52	38 52	39 53	41 54	42 56	42 57	43 58	44 59	44 60	45 62
	15	47 63	49 65	50 66	51 67	52 69	53 70	55 71	55 73	56 74	57 75
	20	59 77	61 79	63 80	64 81	65 83	66 85	67 86	68 88	70 89	72 92
	25	74 92	76 94	78 96	79 98	81 100	83 102	85 104	86 106	88 108	89 110
	32	94 114	96 115	98 118	100 121	102 123	105 125	106 128	108 130	110 132	113 135
	40	107 127	109 29	111 132	114 135	116 137	119 141	121 143	123 145	125 149	128 151
	50	134 155	137 157	141 160	143 164	146 167	149 171	152 174	156 177	158 182	162 185
70	10	46 63	48 64	49 65	49 66	50 67	51 68	52 70	52 71	53 73	55 73
	15	59 77	60 79	61 80	63 81	64 82	65 84	66 86	67 87	68 89	70 91
	20	74 93	75 95	77 96	78 97	80 100	81 102	83 103	84 105	86 107	87 108
	25	93 113	94 114	96 116	97 118	100 121	101 123	103 125	107 128	107 128	109 131
	32	117 138	119 141	121 143	123 145	125 148	128 151	130 153	133 156	135 159	137 162
	40	132 155	135 157	137 160	140 163	143 166	145 168	148 172	151 174	152 178	154 180
	50	165 187	167 191	171 194	174 198	178 202	180 205	185 208	187 213	191 215	194 218
80	10	56 75	57 75	58 78	58 79	59 80	60 81	61 82	63 84	64 85	65 86
	15	71 92	72 93	73 94	74 96	75 98	77 100	78 101	79 101	81 102	81 105
	20	88 109	89 111	92 114	93 115	94 117	96 120	98 121	99 123	101 125	102 127
	25	110 134	113 136	114 138	116 141	119 143	120 145	122 146	124 149	125 151	128 153
	32	139	142	144	146	149	151	153	156	158	162

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		164	166	170	172	174	178	180	182	186	188
	40	158 184	160 186	165 189	166 192	169 195	173 198	174 201	177 204	180 208	182 210
	50	196 223	200 227	203 230	207 235	210 238	214 242	217 246	221 250	224 253	228 257
	10	65 87	66 88	67 91	68 91	70 93	71 93	72 95	72 96	73 97	74 99
	15	82 107	84 108	86 110	87 112	88 114	89 115	91 117	92 119	93 120	94 122
	20	103 128	106 131	107 132	108 135	110 137	112 138	114 141	115 143	116 144	118 146
90	25	130 156	131 158	134 160	136 163	137 164	138 167	139 170	142 172	146 175	148 177
	32	164 191	166 194	168 196	172 200	173 201	175 204	179 208	181 212	184 214	186 216
	40	186 214	188 217	190 220	194 223	196 227	200 229	202 232	206 236	208 238	212 242
	50	231 260	235 265	238 270	243 272	246 275	250 280	253 284	257 288	260 293	264 296
	10	75 101	77 102	78 103	79 105	80 106	81 107	82 108	83 110	84 112	85 113
	15	95 122	97 124	99 126	100 128	100 129	101 131	102 134	103 135	105 136	106 138
	20	120 149	122 152	123 155	124 156	127 158	129 159	130 162	132 164	134 166	136 169
	25	149 180	150 182	152 186	154 188	157 191	159 194	162 195	164 199	166 200	167 203
100	32	188 222	191 224	193 228	196 231	199 235	202 237	204 239	206 243	209 246	212 250
	40	214 246	217 250	220 253	223 257	227 260	230 265	233 267	236 271	239 274	242 278
	50	268 300	272 305	275 309	279 314	284 318	287 322	292 327	295 330	299 335	303 339

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Технические характеристики секционных биметаллических и алюминиевых радиаторов



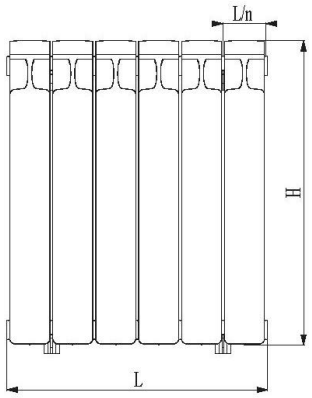


Рис. 11 Схема секционного биметаллического радиатора

Основные технические характеристики секционных биметаллических радиаторов

Модель	Межосевое расстояние, мм	Габаритные размеры секции, мм			Номинальный тепловой поток 1 секции, Вт, при $\Delta t_н$=70ºС	Внутренний объем 1 секции, л	Масса 1 секции, кг
		Высота	Ширина	Глубина			
MONOLIT 500	500	577	80	100	196	0,21	2,0
MONOLIT 350	350	415	80	100	134	0,18	1,5

Основные технические характеристики секционных алюминиевых радиаторов

Модель	Межосевое расстояние, мм	Габаритные размеры секции, мм			Номинальный тепловой поток 1 секции, Вт, при $\Delta t_н$=70ºС	Внутренний объем 1 секции, л	Масса 1 секции, кг
		Высота	Ширина	Глубина			
EXTRA THERM S5 500/100	500	557	80	97	181	0,31	1,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Технические характеристики стальных панельных радиаторов

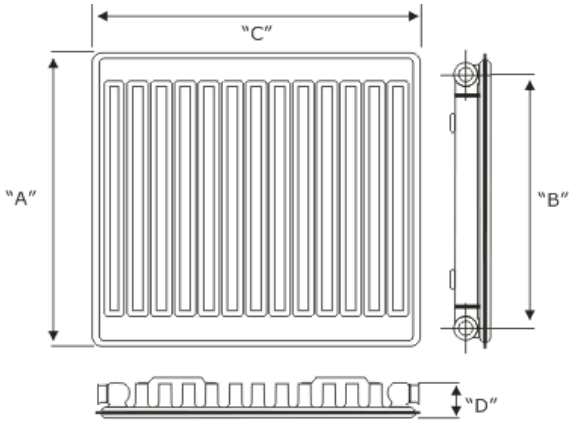


Рис. 12 Схема стального панельного радиатора

Номинальный тепловой поток $Q_{н.у}$, Вт стальных панельных радиаторов при номинальной средней разности температур $\Delta t_н$ = 50°С

Высота / Длина	Тип 11					Тип 22					Тип 33				
	300	450	500	600	900	300	450	500	600	900	300	450	500	600	900
400	218	316	347	407	571	384	539	588	684	955	539	748	814	942	1304
500	273	395	434	509	714	481	674	735	855	1194	674	935	1018	1178	1630
600	328	474	521	611	856	577	808	882	1025	1433	808	1121	1221	1414	1956
700	382	553	608	713	999	673	943	1029	1196	1672	943	1308	1425	1649	2282
800	437	632	694	814	1142	769	1078	1176	1367	1910	1078	1495	1628	1885	2608
900	491	711	781	916	1284	865	1212	1323	1538	2149	1212	1682	1832	2120	2934
1000	546	790	868	1018	1427	961	1347	1470	1709	2388	1347	1869	2035	2356	3260
1100	601	869	955	1120	1570	1057	1482	1617	1880	2627	1482	2056	2239	2592	3586
1200	655	948	1042	1222	1712	1153	1616	1764	2051	2866	1616	2243	2442	2827	3912
1400	764	1106	1215	1425	1998	1345	1886	2058	2393	3343	1886	2617	2849	3298	4564
1600	874	1264	1389	1629	2283	1538	2155	2352	2734	3821	2155	2990	3256	3770	5216
1800	983	1422	1562	1832	2569	1730	2425	2646	3076	4298	2425	3364	3663	4241	5868
2000	1092	1580	1736	2036	2854	1922	2694	2940	3418	4776	2694	3738	4070	4712	6520
2300	1256	1817	1996	2341	3282	2210	3098	3381	3931	5492	3098	4299	4681	5419	7498
2600	1420	2054	2257	2647	3710	2499	3502	3822	4443	6209	3502	4859	5291	6126	8476
3000	1638	2370	2604	3054	4281	2883	4041	4410	5127	7164	4041	5607	6105	7068	9780

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Технические характеристики настенных конвекторов «Универсал»

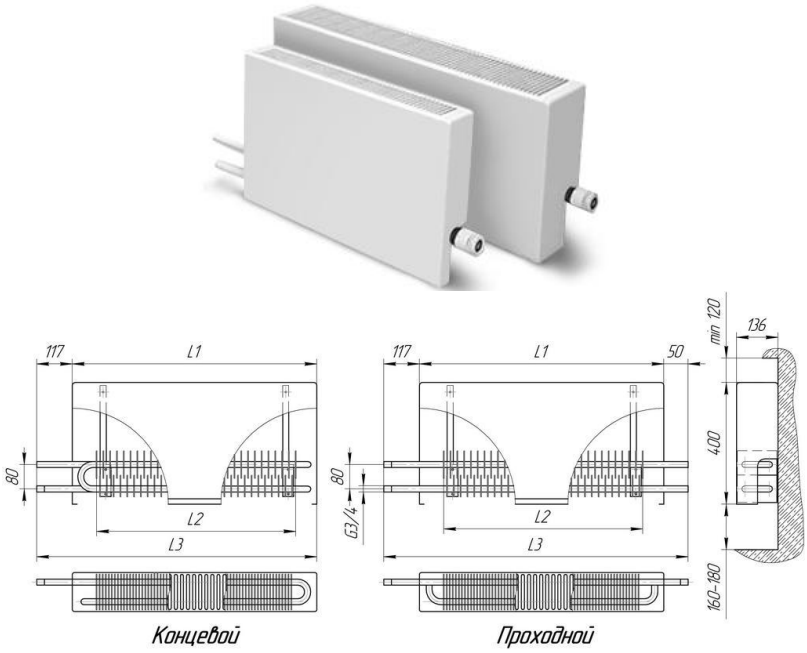


Рис. 13 Схема настенного конвектора «Универсал»

Основные технические характеристики настенных конвекторов «Универсал»

№ п/п	Обозначение конвектора		Длина кожуха, *L1*, мм	Длина оребрения, *L2*, мм	Общая длина, *L3*, мм		Масса, кг	Тепловая мощность, кВт
	концевого	проходного			конц.	прох.		
1	КСК-20М-0,400к	КСК-20-0,400п	646	468	763	813	8,18	0,400
2	КСК-20М-0,479к	КСК-20-0,479п	742	564	859	909	8,81	0,479
3	КСК-20М-0,655к	КСК-20-0,655п	646	540	763	813	10,43	0,655
4	КСК-20М-0,787к	КСК-20-0,787п	742	636	859	909	11,41	0,787
5	КСК-20М-0,918к	КСК-20-0,918п	838	744	955	1005	12,48	0,918
6	КСК-20М-1,049к	КСК-20-1,049п	934	840	1051	1101	13,46	1,049
7	КСК-20М-1,180к	КСК-20-1,180п	1030	936	1147	1197	14,44	1,180
8	КСК-20М-1,311к	КСК-20-1,311п	1126	1 032	1243	1293	15,42	1,311
9	КСК-20М-1,442к	КСК-20-1,442п	1222	1 128	1339	1389	16,40	1,442
10	КСК-20М-1,573к	КСК-20-1,573п	1318	1 230	1435	1485	17,42	1,573
11	КСК-20М-1,704к	КСК-20-1,704п	1414	1 326	1531	1581	18,44	1,704
12	КСК-20М-1,835к	КСК-20-1,835п	1510	1 422	1627	1677	19,46	1,835
13	КСК-20М-1,966к	КСК-20-1,966п	1606	1 524	1723	1773	20,48	1,966

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 23-01–99*. Строительная климатология / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
2. СНиП 23-02–2003. Тепловая защита зданий / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2004.
3. СНиП II-3–79*. Строительная теплотехника / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998.
4. СНиП ПМР 41-01-2011. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Тирасполь, 2011.
5. ГОСТ 21.602–2003. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования.
6. ГОСТ 30494–96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
7. Сканави А. Н., Махов Л. М. Отопление: Учебник для вузов. – М.: Изд-во АСВ, 2002.
8. Богословский В. Н., Сканави А. Н. Отопление: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1991.
9. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование./Под ред. проф. Б.М. Хрусталева. – М.: Изд-во АСВ, 2005.
10. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч.1. Отопление / Под ред. И. Г. Староверова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990.
11. Васильев В.Ф. Отопление и вентиляция жилого здания: учеб. пособие. – СПбГАСУ. – СПб., 2010.
12. Покотилов В. В. Системы водяного отопления. «HERZ Armaturen». Вена, 2008.
13. Крупнов Б.А. Отопительные приборы, производимые в России и в ближнем зарубежье: учеб. пособие / Б. А. Крупнов. – М.: ИАСВ, 2002.